

УДК 624.041.42

## **О причинах наклона опытного ледостойкого основания в акватории Азовского моря**

**Ажермачёва К. С.**

Национальная академия природоохранного и курортного строительства, Украина

**Аннотация.** Рассматриваются причины наклона опорной части морской платформы при подвижке ледовых полей в Азовском море. Показано влияние условий закрепления опорной части на устойчивость сооружения. Указаны пути повышения надежности морских сооружений при ледовых и волновых воздействиях.

**Анотація.** Розглядаються причини нахилу опорної частини морської платформи при переміщенні льодових полів у Азовському морі. Показано вплив умов закріплення опорної частини на стійкість споруди. Вказані шляхи підвищення надійності морських споруд при льодових і хвильових діях.

**Abstract.** The reasons of inclination for offshore structure supporting during Azov sea ice field movement are considered. An influence of supporting anchorage conditions for all structure stability is shown. The ways of reliability increasing for offshore structures under ice and water-wave actions are determined.

**Ключевые слова:** основание, свая, грунт, размыв, ледовые воздействия.

**Введение.** Добыча углеводородов на Азово-Черноморском шельфе началась с 70-х годов прошлого века. Первая скважина была пробурена на Голицинском месторождении примерно в 80 километрах северозападнее Тарханкутского полуострова на глубине моря 30–40 м.

В это же время геологи открыли Стрелковское месторождение газа с большими запасами в акватории Азовского моря. Это месторождение привлекало внимание специалистов не только своими большими запасами, но и малой глубиной моря.

Азовское море имеет глубину до 14–15 м с относительно суровым ледовым режимом, который определяет, в основном, характер и интенсивность атмосферных процессов, а также постоянно действующие факторы: географическое положение, мелководность, относительно небольшая соленость и слабый глубинный обмен с Черным морем. Все эти обстоятельства способствуют быстрому образованию льда высокой прочности и длительному ледоставу. Слабая защищенность акватории от ветров способствует частым подвижкам ледяных полей и образованию торосов. В связи с этим для разведки и добычи углеводородов на шельфе

Азовского моря необходимы специальные ледостойкие морские сооружения [1, 2, 3, 4].

Однако опыта проектирования и строительства морских сооружений в таких условиях у отечественных специалистов не было. Недостаточно было информации о характере воздействия льда на морские объекты, отсутствовали данные о прочностных свойствах льдов Азовского моря. Все это затрудняло проектирование морских сооружений для разведки и добычи углеводородов в условиях замерзающих морей.

В связи с этим в 1975 г. Мингазпромом СССР было осуществлено строительство опытного ледостойкого основания на Стрелковском газовом месторождении на расстоянии 1,4 км от берега при глубине моря 5 м. Предполагалось на опытном сооружении в натуральную величину определить ледовые нагрузки, которые возникают при подвижке ледовых полей под воздействием ветров.

**Цель исследования** – определение причин наклона опорной части опытной морской платформы.

Конструкция опытного ледостойкого основания была разработана специалистами отраслевой научно-исследовательской лаборатории морских нефтепромысловых гидротехнических сооружений МИСИ совместно с лабораторией морского промыслового дела ВНИИгаза в соответствии с действующими в то время СНиП 11-57-75 [5].

Опытная опора ледостойкого сооружения представляла собой восьмигранную пустотелую призму высотой 11,7 м, образованную из девяти железобетонных колец высотой 1,3 м каждый. В плане опора имела следующие размеры: ширина по граням – 7,26 м, диаметр внешней описанной окружности восьмигранника – 7,84 м, длина внешней стороны восьмигранника – 3 м. (рис. 1).

Закрепление опорного блока к морскому основанию осуществлялось 16 стальными трубчатыми сваями. Для этого в железобетонных кольцах толщиной 1 м предусматривалось 16 вертикальных отверстий, по два на каждую сторону восьмигранника, диаметром 530 мм для забивки через них стальных труб диаметром 426 мм на глубину 10–12 м. Для обеспечения заданной устойчивости опоры на глубину 25 м были забиты бурозаливные сваи с анкерами из труб 325 мм и 245 мм. Железобетонные кольца опоры и сваи по длине омоноличивались под давлением цементным раствором [6].

Для измерения горизонтальных ледовых нагрузок были специально изготовлены измерительные щиты, установленные по периметру опоры в зоне воздействия льда.

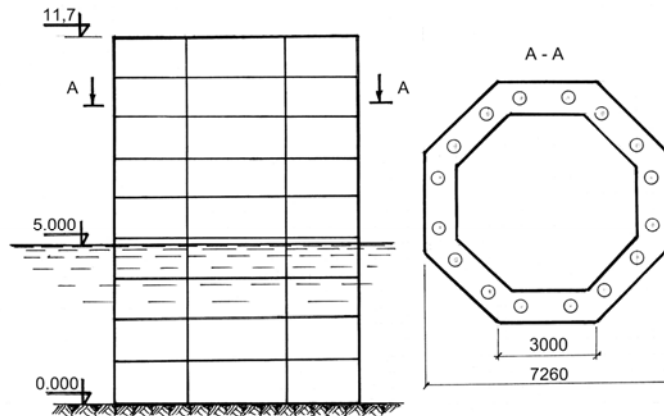


Рис. 1. Общий вид железобетонной опоры

Исследования показали, что максимальная ледовая нагрузка на всю опору составляет 435–478 тс в зависимости от направления воздействия льда. В то время как ледовая нагрузка на опору, определенная по СНиП 11-57-75, должна составлять 240–250 тс, а с учетом коэффициента торосистости составляла бы 312–325 тс.

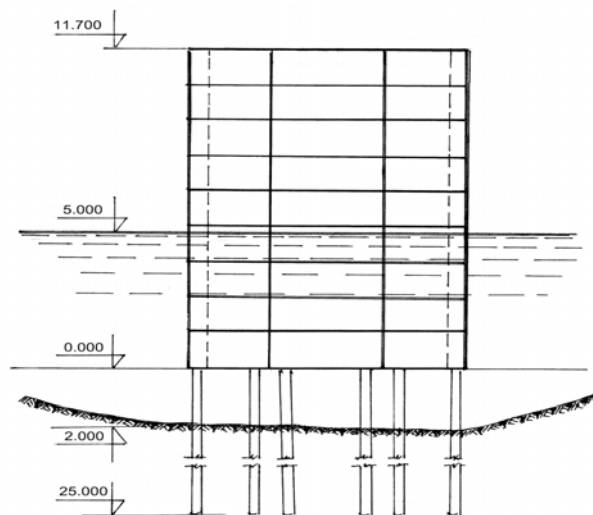


Рис. 2. Размыв грунта под опорой в результате воздействия волн

Таким образом, действительная ледовая нагрузка, определенная экспериментально, превышала расчетную, определенную по [5], на 40–

50%. Главная причина в том, что существовавшие тогда СНиП нечетко учитывали смерзание льда с опорой и соотношение размеров диаметра опоры и толщины льда. Если бы были учтены эти факторы, то расчетная ледовая нагрузка могла составлять 441–476 тс, что почти совпадает с результатами эксперимента.

В результате свайное основание, закрепляющее опору к морскому дну, работало в запредельном режиме.

При разработке проекта опоры не была учтена возможность размыва грунта вокруг опоры под действием морских волн. Между основанием опоры и дном в результате размыва образовался зазор. При волнении моря уровень воды внутри опоры изменялся, происходило «всасывание» воды при набеге волн, а это значительно ускоряло размыв грунта вокруг опоры и внутри нее. Сваи оголились и работали в режиме высокого ростверка. Обследование придонной части опоры, проведенное в июле 1977 г., показало, что отдельные сваи оголились на высоту до 2 м, а площадь размыва у опоры оставляла около 100 м<sup>2</sup>, при этом было вымыто грунта около 750 м<sup>3</sup> (рис. 2).

Проведенные обследования показали, что при строительстве морских сооружений с большой теневой площадью для волн необходимо обеспечивать защиту сооружения от возможного размыва грунта у его основания. Это может быть каменная наброска на несколько метров вокруг сооружения, укрепление грунта специальными синтетическими матами, заглубление сооружения на несколько метров при помощи специальных бортовых ножей и т. п.



Рис. 3. Наклон железобетонной опоры при подвижке льда (Азовское море)

Последующие зимы были достаточно суровы, и при подвижке льда опора наклонилась (рис. 3) в результате изгиба свай и деформации грунта (верхние слои грунта представляли собой илы).

После проведенных исследований были сделаны выводы, что придонная часть платформы для данных условий должна быть «прозрачной» для волн и течений, а верхняя часть должна создавать минимальную горизонтальную нагрузку при воздействии льда.

При разработке проекта первой ледостойкой рабочей морской платформы в СССР для условий Азовского моря специалисты ВНИИПИшельф предложили конструктивное решение с учетом вышеуказанных требований (рис. 4). Придонный блок сделали в виде пространственной решетчатой конструкции, которая свободно пропускает волны и течения. Основные опоры, поддерживающие рабочую палубу и вертолетную площадку, сделали из стальных труб диаметром 1420 мм, а для повышения прочности опор соосно установили трубы диаметром 1220 мм и 1020 мм. С целью обеспечения совместной работы всех труб межтрубные пространства заполнили бетоном.

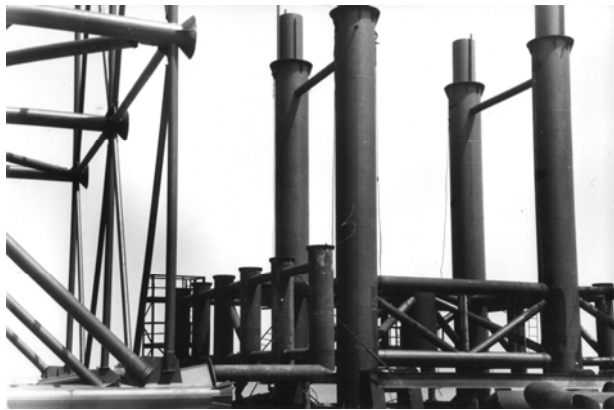


Рис. 4. Конструктивное решение опорной части первой морской ледостойкой платформы для условий Азовского моря

Морская ледостойкая платформа закрепляется к основанию 20 стальными сваями из труб. Она была построена на Стрелковом месторождении в 1982 году и добывает газ в настоящее время.

#### **Выводы**

1. Опорные конструкции ледостойкой морской платформы должны создавать минимальные горизонтальные нагрузки от ледовых полей при их подвижке.

2. Конструктивное решение придонных блоков морских платформ не должно создавать условия для размыва грунта в зоне закрепления к основанию.

### **Литература**

- [1] Асур А. Воздействия льда на вертикальные сооружения / А. Асур // Лед и его воздействия на гидротехнические сооружения : труды симпозиума. – Л., 1972. – С. 119–128.
- [2] Афанасьев В. П. Давления льда на морские отдельно стоящие опоры / В. П. Афанасьев, Ю. В. Долгополов, З. И. Швайштейн // Труды ААНИИ. –Л. : Гидрометиоиздат, 1972. – Том 300. – С. 61–80.
- [3] Вершинин С. А. Давление льда на отдельно стоящие опоры по лабораторным и натурным исследованиям / С. А. Вершинин, Е. М. Копайгородский, В. В. Панов, З. И. Швайштейн // Труды ААНИИ. – Л. : Гидрометиоиздат, 1975. – Том 326. – С. 56–66.
- [4] Копайгородский Е. М. Исследования ледовых воздействий на цилиндрические опоры при подвижке ледового поля / Е. М. Копайгородский, С. А. Вершинин // Гидротехническое строительство. – 1973. – № 9. – С. 12–14.
- [5] СНиП 11-57-75. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). – М. : Стройиздат, 1976. – 40 с.
- [6] Дудик Э. Ф. Исследование ледовых нагрузок на морские газопромысловые сооружения в Азовском море / Э. Ф. Дудик, В. И. Макаенко, Е. М. Копайгородский, Г. Н. Евдокимов // Нефтегазопромысловые сооружения. – 1978. – № 10. – С. 7–10.